



ÖREBRO
UNIVERSITET

Våg- och materiefysik för civilingenjörer

FY501G-0100

2022-01-10, kl. 14:15-19:15

Hjälpmedel: Skrivmateriel, lärobok¹ och miniräknare.

Betygskriterier: Skrivningens maxpoäng är 60, uppdelat på 10 poäng per huvuduppgift, och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse; färdighet, förmåga och värderingsförmåga;* samt *skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 4 poäng inom vart och ett av områdena *vågrörelselära, elektromagnetism, kvantmekanik och materiens struktur* samt 30/40/50 poäng totalt. Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

Anvisningar: Motivera väl med sidhänvisningar och formelnummer från läroboken, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per sida.

Skrivningsresultat: Meddelas inom 15 arbetsdagar.

Examinator: Magnus Ögren.

Lycka till!

¹ *Principles of Physics* Halliday, Resnick, Walker

1. En tunn metalltråd kan (förenklat uttryckt) erhållas genom att dra i en tjockare tråd. Detta är vad >300 personer sysselsätter sig med i Garphyttan, 17km väst om Örebro, där företaget Suzuki Garphyttan har en produktionsenhet. Trådarna används inom många olika områden tex för tillverkning av fjädrar (se bild nedan).

- a) Låt oss anta att råvaran består av en 1.0m lång tråd med diametern 1.0cm (av dålig formkvalitet) och produkten är en lång cirkulär tråd med diameter 0.100mm (av bra kvalitet). Hur lång blir den färdiga tråden, svaret skall ges på tiopotensform med två värdesiffror i enheten km.



- b) För att övervaka produktens kvalitet kan en idag bla använda kontinuerlig induktiv provtagning. På 1940-talet användes tunn metalltråd från företaget, sk tontråd, för att magnetiskt lagra ljudinspelningar (I Sverige tillverkade Luxor i Motala en trådspelare som marknadsfördes under varumärket Magnefon). Så kunskaper inom elektromagnetism har varit värdefulla för anställda hos företaget. Anta nu att ni tar en långsträckt fjäder producerad från företagets metalltråd (se bild ovan). Uppskatta det magnetiska fältets styrka i mitten av fjädern om en 1.0A likström går igenom en fjäder med längden 10cm.



Suzuki Garphyttan

- c) Frivillig extrauppgift (0p): Vilket år bytte företaget namn från Haldex Garphyttan AB till Suzuki Garphyttan (symbol ovan)?

2. Ett 0.900m långt rör är stängt i ena änden. En sträckt wire placeras nära rörets öppna ände. Wirens längd är 0.330m och den har en massa av 9.60g. Den är fixerad i båda ändarna och vibrerar i dess grundsvängning. Genom resonans sätter den luftpelaren i röret i svängning i rörets näst lägsta egenfrekvens.
- a) Beräkna frekvensen i wiren.
- b) Beräkna spännkraften i wiren.

3. En viktig formel för magnetiska fält är Gauss lag

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0.$$

- a) Använd formeln ovan för att argumentera om huruvida det finns magnetiska monopoler.

En magnetisk stav med längden 6.00cm, radien 3.00mm, och (homogen) magnetisering $2.70 \cdot 10^3 \text{ A/m}$ kan vridas runt dess centrum som en kompassnål. Den placeras i ett homogent magnetiskt fält \vec{B} med styrka 50.0mT, så att riktningen av dess dipolmoment har en vinkel 68.0° gentemot \vec{B} .

- b) Vad är styrkan på det mekaniska momentet på staven pga \vec{B} , och hur mycket ändras dess energi om stavens riktning ändras med 34.0° ? Rita också en figur över hur du tolkar orienteringen av de två vinklarna.

4.

- a) För en radiovåg som färdas genom luft gäller att den maximala styrkan av det elektriska fältet är 8.00 V/m. Vad är den maximala styrkan av det magnetiska fältet, och vad är EM-vågens intensitet?

- b) På en sandstrand är ljuset från solen vanligtvis delvis polariserat pga reflektioner mot sanden och vattenytan. Vid ett speciellt tillfälle innan solnedgången, vid en speciell strand (kanske Närkes riviera), så hade den horisontella komponenten av det elektriska fältet i ljuset dubbelt så stor amplitud som den vertikala komponenten av det elektriska fältet. En upprätt stående badare tar på sig sina polariserande solglasögon, vilka då tar bort den horisontella komponenten. Vilken andel av den totala ljusintensiteten tas bort av solglasögonen innan ljuset träffar badarens ögon när hen står upp? Respektive när hen ligger ned på sidan på stranden (så att solglasögonen vridits 90 grader)?

5.

a) Under ideala förutsättningar kan ögats näthinna registrera ett synintryck om ljus med våglängden 550nm inkommer med ett flöde av 110 fotoner per sekund. Vad är då motsvarande effekt (energi per tidsenhet) som absorberas av näthinnan?

b) Blått ljus från en lysdiod inkommer mot en platta med rumstempererat cesium (eng: *caesium*) med utträdesarbetet (eng: *work function*) 1.95 eV. Gör en uppskattning av vilken rörelseenergi som eventuella elektroner som slås ut från cesiumplattan har, svara i enheten eV.

6.

a) Den enklaste potentialen vi lärt oss hantera inom kvantmekaniken är den endimensionella oändligt djupa lådpotentialen med bredd L . Visa, tex utgående från någon lämplig formel i kursboken, att energin som kan sändas ut då en elektron med massan m_e hoppar från det första exciterade tillståndet till grundtillståndet är

$$\Delta E = \frac{3h^2}{8m_e L^2}.$$

b) Du skall mäta grundtillståndets energi för elektroner i två olika endimensionella brunnar med samma bredd. Den ena brunnen har en (nästan) oändligt hög potential, medans den andra har en begränsad höjd på potentialen. I vilken brunn kommer du att uppmäta den lägsta energin?

Motivera ditt svar väl, tex med hjälp av figurer.

c)

Enligt kursboken är energin för väteatomens grundtillstånd $E_1 = -13.66$ eV. Verifiera detta genom att sätta in vågfunktionen för väteatomens grundtillstånd $\psi(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi a^3/2}} e^{-r/a}$ i den radiella Schrödingerekvationen i sfäriska koordinater

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{\partial^2 \psi(r)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial \psi(r)}{\partial r} \right) + \frac{\hbar^2 \ell(\ell+1)}{2mr^2} \psi(r) + U(r) \psi(r) = E_1 \psi(r).$$